Aus der konservierenden Abteilung des Zahnärztlichen
Institutes der Universität Basel
Vorsteher: Prof. Dr. O. Müller
und der Volkszahnklinik Basel (Dir. Dr. F. Schmidt)

Über die Durchlässigkeit zahnärztlicher Zemente

(Bakteriologische Studie)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Zahnheilkunde der medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

GEORGES MARTY
von Oberiberg SZ

Basel 1945 / Buchdruckerei der Strafanstalt

Aus der konservierenden Abteilung des Zahnärztlichen
Institutes der Universität Basel
Vorsteher: Prof. Dr. O. Müller
und der Volkszahnklinik Basel (Dir. Dr. F. Schmidt)

Über die Durchlässigkeit zahnärztlicher Zemente

(Bakteriologische Studie)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Zahnheilkunde der medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

GEORGES MARTY
von Oberiberg SZ

Von der medizinischen Fakultät Basel genehmigt
auf Antrag von Prof. Dr. Oscar Müller

Tag der Promotion: 29. Juni 1945

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

I. Einleitung

Zweifellos nehmen die Zemente unter den zahnärztlichen Füllungsmaterialien einen ersten Platz ein. Sie werden in der Praxis sozusagen fast in jeder Sitzung verwendet, sei es als provisorische Füllung zum Einschliessen von medikamentösen Einlagen, sei es zur Abschliessung von Wurzelfüllungen, zum Einsetzen von Kronen, Stiftzähnen und Inlays, oder als Füllungsmaterial selbst. Heutzutage könnte der Praktiker ohne dieses Material kaum mehr auskommen.

Im ersten Moment weist tatsächlich die Anwendung von Zementen in der Zahnheilkunde grosse Vorteile auf. Dem günstigen kosmetischen Effekt und der leichten Verarbeitung stehen aber nicht geringe Nachteile gegenüber, über die in der Literatur bereits viel geschrieben worden ist. So ist es Tatsache, dass Auftreten von Sekundärkaries unter Zementfüllungen häufig vorkommt. Zahlreich ist auch die Erscheinung, dass Zahnpulpen unter Zementfüllungen absterben und verjauchen, und dies selbst bei peinlichster Vorbehandlung der Kavität und sorgfältigster Zubereitung der Materialien. Auch die Reinfektion von wurzelbehandelten Zähnen nimmt hier nicht einen geringen Raum ein. Oder wem ist nicht schon der foetide Geruch beim Bohren von alten Zementfüllungen oder beim Entfernen von Kronen aufgefallen?

Diese Feststellungen haben schon seit Jahren zu den verschiedensten Vermutungen und Untersuchungen Anlass gegeben. Da diese Nachteile zweifellos durch die Anwesenheit und die Wirkung von Infektionsstoffen bedingt sind, stellt sich die Frage: Wie gelangen Bakterien durch die Füllungen hindurch in die Pulpa?

Es sind folgende Wege möglich:

1. Die Bakterien werden gleich mit der Füllung in die Kavität gebracht. Es wird zu wenig auf Sauberkeit geachtet. Es werden nicht sterile Spatel verwendet, die den Zement verunreinigen.
2. Das Dentin ist vor Legen der Füllung infiziert. Es sind noch Dentinpartien, die Bakterien enthalten, zurückgeblieben (Zone der Trübung). Trotz Desinfektion und Luftabschluss nach gelegter Füllung können anaerobe Bakterien weiterleben und zur Wirkung kommen.
3. Die Bakterien können an der Berührungsfläche zwischen der Füllung und der Zahnsubstanz an den Boden der Kavität und von da in die Pulpa eindringen. Es wird die Volumen- und Formbeständigkeit der Zemente angezweifelt, trotzdem namhafte Forscher bestätigen, dass die heutigen Zemente sozusagen keiner Schrumpfung mehr unterliegen. Deshalb sei ein Bakterieneintritt zwischen Füllung und Kavitätenwand bei richtiger Kavitäten-Präparation und Verankerung ausgeschlossen (Greve, Fränkel).
4. Die Bakterien wandern durch die Füllung selbst hindurch.

Diese zwei letzten Möglichkeiten beschäftigen schon jahrelang die zahnärztliche Forschung, und es soll auch in dieser Arbeit näher auf sie eingegangen werden.

II. Zusammenfassung der Zemente in ihrer geschichtlichen Entwicklung

Die heutigen Zahnzemente nehmen ihren Ausgang von einem Material aus der Marmortechnik, dem Marmorkitt. Dieser Kitt wurde von *Sorel* in die Zahnheilkunde eingeführt. Sorelkitt besteht in der Hauptsache aus Magnesit oder Dolomit als Pulver und einer Magnesiumchlorid-Lösung als Flüssigkeit. Nach Ersatz des Magnesiumpulvers durch Zinkoxyd und der Magnesiumchlorid-Lösung durch Zinkchlorid wurde ein Füllungsmaterial geschaffen, das vor Zeiten in der Zahnheil-

kunde als Pariser-Zahnkittmasse bekannt war. Aber dieses Präparat hatte die unangenehme Eigenschaft, in die Tiefe zu ätzen.

Rostaing gebührt das Verdienst, Zinkchlorid durch Phosphorsäure ersetzt zu haben; damit wurde der Zinkphosphat-Zement geschaffen. Dieser Zement erlebte im Laufe der Jahre eine grosse Reihe praktischer wichtiger Variationen und ist heute ein unentbehrliches Hilfsmittel in der Zahnheilkunde.

Phosphatzementfüllungen sind immer opak und unbelebt, auch dann, wenn die jeweilige Zahnfarbe gut getroffen wird. Es fehlt die natürliche, leuchtende Transparenz des Zahnschmelzes vollkommen. Es ging daher das Bestreben dahin, diese Nachteile aufzuheben. So entstanden im Anfang des 20. Jahrhunderts durch den Chemiker *Steenbock* die sog. Silikatzemente.

Die Flüssigkeit für diese neue Zementgruppe ist dieselbe geblieben. Geändert hat sich lediglich das Pulver. Zinkoxyd wurde ersetzt durch Tonerde. Diese Zemente sollten demnach richtigerweise Tonerde-Phosphat-Zemente oder Aluminium-Phosphatzemente genannt werden. Alle Beimischungen, wie Beryllium, Kieselsäure, Glas etc., sind unwesentlich und sind auch schon bei früheren Gruppen aufgetreten. Die Tonerde bildet das Gerüst der Silikatfüllung. Sie gibt ihr die Härte, den Glanz und die Transparenz.

Später ist man dazu übergegangen, die guten Eigenschaften der Zinkphosphatzemente und der Silikatzemente zu vereinigen. So entstand der Steinzement, dessen Pulver aus zusammengeschmolzenem Zinkoxyd und Aluminiumoxyd, die Flüssigkeit aus Phosphorsäure besteht. Heute teilen wir die Zemente in zwei Hauptgruppen ein, nämlich in:

1. provisorische Zemente,
2. Dauerzemente.

1. Bei den provisorischen Zementen handelt es sich meistens um sog. Zinkoxydsulfat-Zemente, bei denen das Pulver aus einer Mischung von gebranntem Zinkoxyd und entwässertem Zinksulfat besteht, während zum Anmengen

Wasser dient, das öfters mit verschiedenen Zusätzen versehen ist (Dextrin, Gummi arabicum, Alkohol, Karbolsäure etc.).

2. Zu den Dauerzementen zählen wir
   a) Zinkphosphatzemente,
   b) Phosphatzemente mit antiseptischen Zusätzen,
   c) Steinzemente,
   d) Silikatzemente.

III. Welche Eigenschaften dürfen wir von einem guten Zement erwarten?

Die an ein brauchbares Füllungsmaterial zu stellenden Anforderungen sind seinerzeit von *Miller* wie folgt definiert worden:

1. leichte Verarbeitung,
2. gute Haftintensität,
3. zahnähnliche Farbe,
4. Unschädlichkeit,
5. geringe Wärmeleitfähigkeit,
6. Volumenbeständigkeit,
7. chemische Widerstandsfähigkeit,
8. mechanische Widerstandsfähigkeit.

Die vierte Forderung scheint heute noch ein nicht genau abgeklärtes Problem zu sein. Nach vielen Autoren ist es die Phosphorsäure der Zementflüssigkeit, die eventuell einen schädigenden Einfluss auf die Zahnpulpa haben könnte. Es besteht die Vermutung, dass während des Abbindungsprozesses der Zemente geringe Mengen ungebundener Phosphorsäure in das Dentingewebe übergehen und durch dasselbe bis in die Pulpa hindurchdiffundieren können.

Kulka teilt diese Ansicht nicht. Nach ihm sind die gefundenen Säurequantitäten so gering, dass es fraglich ist ob sie überhaupt durch die dünnste Dentindecke durchdringen können, da sie bei der Durchwanderung Salze bilden, welche die Dentinkanälchen verstopfen. Er bemerkt aber immerhin, dass, wenn der Zement zu dünn angerührt wird infolge des dadurch

bedingten langsamen Abbindens sicherlich genügende Mengen ungebundener Säure auf längere Zeit hinaus da sein werden, die auf das Dentin und durch die Tubuli hindurch auf die Pulpa wirken können.

Auch *Lipschitz* fordert aus diesen Gründen, die Masse so hart und innig wie nur möglich anzurühren.

Kulka, der sich sehr eingehend mit der Zementfrage beschäftigt hat, stellte ebenfalls Forderungen auf, die ein guter Zement erfüllen soll:

1. Das Innere der Kavität soll sich vollkommen abschliessen und füllen lassen.
2. Der Zement soll chemisch indifferent und unlöslich sein.
3. Er soll den im Munde vorkommenden Beanspruchungen widerstehen.

Der letzte Punkt fordert die Härte. Die Anfangshärte der Zemente, die durch die Primärreaktionen bedingt ist, nimmt im Laufe der Zeit zu. Die Härte ist abhängig vom Mischungsverhältnis. Je weicher ein Zement angerührt ist, desto geringer ist die Härte, umgekehrt, je dicker ein Zement angerührt wird, desto härter ist derselbe.

Nach *Schoenbeck* steht mit der Härte die Porosität im Zusammenhang, von der wiederum die Dichte der Füllung abhängig ist. Ist eine Füllung nicht genügend dicht, so wird Speichel eindringen können. Auch können auf diesem Wege artfremde Stoffe adsorbiert werden. Je rauher die Oberfläche, desto grösser ist die Adsorption.

Schliesslich fordert *Knöbber* von den Zementen die Undurchlässigkeit für Flüssigkeiten (Speichel) und Bakterien. Ueber den 6. Punkt der *Miller'schen* Forderungen, die Volumenbeständigkeit, soll später eingegangen werden.

IV. Bakteriendurchlässigkeit der Zemente

Was die Prüfung der Bakteriendurchlässigkeit angeht, so sind darüber schon zahlreiche Untersuchungen angestellt worden. Ich lasse hier einen kurzen Ueberblick über diese Versuche folgen, die an und für sich sehr widersprechend sind.

1. *Proell* stellte 1913 in seinen experimentellen Untersuchungen über die Ursachen des Zahnpulpatodes unter Zementfüllungen fest, dass die Zemente vollkommen undurchlässig für Bakterien sind.
2. 1914 wurden von *Möller* Untersuchungen gemacht über die Durchlässigkeit von Zementen, speziell für Wurzelkanäle.
3. *Seitz* und *Weigele* fanden 1920 bei Zementen schon nach sechs Tagen Bakteriendurchlässigkeit.
4. 1921 wiederholte *Roth* die Versuche von *Seitz* und *Weigele*. Seine Versuchszemente wurden 13 Tage lang kontrolliert. Nach dieser Zeit waren die Versuchslösungen noch steril. Er ficht anschliessend die Untersuchungen von *Seitz* und *Weigele* an und weist darauf hin, dass sie im Gegensatz zu den von den Zahnärzten in der Praxis gemachten guten Erfolgen stehen. So fanden *Seitz* und *Weigele*, um nur ein Beispiel anzuführen, dass Kupferamalgan schon nach dem vierten Tage nicht mehr bakteriendicht ist, während schon *Miller* das Kupferamalgam als das einzige Füllungsmaterial bezeichnete, das eine anhaltend antiseptische Wirkung besitzt. Selbst jahrelang im Munde gelegene Kupferamalgam-Füllungen zeigten gegenüber Bakterien noch eine entwicklungshemmende Wirkung.
5. 1926 fand *Sommer* Bakteriendurchlässigkeit für Zemente.
6. 1929 bestätigte *Meister* die Untersuchungen von *Sommer*. Allerdings wurden *Meisters* Versuche mit Farbstoffen durchgeführt, und er schloss von der etwaigen Farbdurchlässigkeit auf Bakteriendurchlässigkeit.
7. *Cserney*, der ebenfalls 1929 Untersuchungen durchführte, fand Bakteriendurchlässigkeit.
8. 1931 prüfte *Rattel* die Ergebnisse von *Cserney* nach und bestätigte die Bakteriendurchlässigkeit.
9. *Sulke* prüfte ebenfalls die Ergebnisse von *Cserney* nach, fand aber im Gegensatz zu *Rattel* Bakterienundurchlässigkeit.

10. *Knöbber* fand 1937 auch Bakterienundurchlässigkeit.
11. *Streich* fasst die Ergebnisse seiner Untersuchungen 1937 wie folgt zusammen:
    a) Es bestehen qualitative Unterschiede zwischen den einzelnen Zementfabrikaten. Es können daher von der Durchlässigkeit, die immer bei einigen Zementarten vorhanden sein wird, keine Rückschlüsse auf alle Zemente gezogen werden.
    b) Das Verhalten der Zementkörper gegenüber Bakterien ist verschieden. Undurchlässigkeit für Farbstoffe mit gleichzeitiger Durchlässigkeit für Bakterien wurde nicht beobachtet.
    c) Die Möglichkeit, vorhandene Durchlässigkeit zu beseitigen, besteht. Es gelang, aus einer grösseren Anzahl von dichtenden Zusätzen einen Stoff, und zwar eine Seife herauszufinden, die, einen für Heubazillen z. T. durchlässigen Phosphat-Zement beigemischt, dessen Durchlässigkeit aufhob. Es wird daher die Aufgabe der Fabrikanten sein, ihre Präparate einer genauen Prüfung zu unterziehen und bei evtl. Durchlässigkeit nach spezifischen, für den betreffenden Zement passenden Dichtungsmitteln zu suchen.
12. 1941 fand *Lemke* Bakterien-Durchlässigkeit. Sie macht allerdings die Konzession, dass die Durchlässigkeit zu den selteneren Fällen gehört, «aber man müsse bei der Frage nach der Herkunft von Bakterien, im Inneren eines gefüllten oder wurzelbehandelten Zahnes, als auch bei der Ursache des Pulpatodes unter den Zementfüllungen, die Möglichkeit eines Bakterienwanderns und -wachstums durch die Füllung hindurch als unbedingt gegeben ansehen».

Die hier angeführten Anschauungen und Befunde sind, wie gesagt, sehr widersprechend. Die Ursache dürfte in erster Linie auf die Verschiedenheiten in der Versuchsanordnung zurückzuführen sein.

V. Volumenbeständigkeit und Dichte

Nach *Proell* beruht einerseits das Eindringen von Bakterien auf dem undichten Anliegen der Materialien an den Zahnwandungen, also mangelhafter Randschluss, hervorgerufen in erster Linie durch eine Schrumpfung, die den Randschluss beeinträchtigt, anderseits auf der Porosität der verschiedenen Füllungsmaterialien.

Anschliessend eine Zusammenfassung über die Methodik der mir aus der Literatur zugänglichen Versuche über Volumenbeständigkeit und Porosität.

A. Volumenbeständigkeit

Im Zementkörper kann entweder eine Expansion oder eine Kontraktion möglich sein. Eine Expansion kann Rissbildung oder sogar Sprengung des Zahnschmelzes zur Folge haben. Dadurch entsteht natürlich ein locus minoris resistentiae. Bei einer Kontraktion können infolge ungenügenden Randschlusses wohl Bakterien durch die entstandenen Spalten eindringen.

Nach *Schoenbeck* kann man sich zur Prüfung der Volumenbeständigkeit der optischen und der dilatometrischen Methode oder auch der Bestimmung des spezifischen Gewichtes bedienen. Die optische Methode ermittelt mit Hilfe eines Messmikroskopes die Veränderung zweier im Zement angebrachten Marken. Die dilatometrische Prüfung beruht auf der Volumenzunahme, bzw. -abnahme, der Dilatometerflüssigkeit.

Kulka hat sich für seine Untersuchungen einen Tastapparat konstruiert, der Volumenänderungen von 10 mü anzeigt. Er fand keine Veränderungen.

Proell legte um Glasröhrchen ein bis eineinhalb Millimeter dicke Zementringe. Es resultiert aus seinen Versuchen, dass der zwei Monate lang in 37° Celsius Mundflüssigkeit liegende Zement nicht raumbeständig ist.

Dieck prüfte die Volumenbeständigkeit auf drei Arten:

1. Nach Art der Bauzemente, indem er ein bis zwei Millimeter dicke Zementscheiben, mit einem Durchmesser von 40–50 mm herstellte und einige Wochen im Wasser aufbewahrte. «Schwindet der Zement oder treibt er, so entstehen an der Versuchsscheibe feine Risse und zwar bei Kontraktion strahlenförmig an der Peripherie, bei Expansion in der Mitte der Platte.»
2. Mit Hilfe des Pyknometers.
3. Mit Hilfe der Federleere.

Mit diesen drei Methoden erwies *Dieck* die Raumbeständigkeit der Zemente.

Schulte benutzte zu seinen Versuchen den *Zeiss'schen* Dickenmesser, welcher eine Grössenmessung von 1 mü zulässt. Er fand bei seinen Untersuchungen über Zemente keine Expansion, jedoch Kontraktion. Diese soll vom Mischungsverhältnis abhängig sein. Er fand, dass eine Kontraktion wohl möglich ist durch zu weiches Anrühren von Zementen. Für die normalen Mischungsverhältnisse würde sich in 48 Stunden eine Kontraktion von 50–165 mü ergeben. «Bei Ausserachtlassen der Einwirkung der Mundfeuchtigkeit heisst dies: Eine Zementfüllung von einem Durchmesser von 3 mm würde schon nach zwei Tagen eine Schrumpfung von 16–50 mü erfahren. Da die Grössenordnung der Bakterien aber wesentlich niedriger ist, dürfte nicht nur eine Reaktivierung der bei der Restkaries verbliebenen indolenten Bakterien möglich sein, durch die Zufuhr von Kohlehydraten und Wasser, sondern auch die Annahme einer Masseninvasion von Bakterien gerechtfertigt sein.»

Die Angaben von *Proell* sind vor 35 Jahren gemacht worden. Es ist jedoch anzunehmen, und von verschiedenen Autoren wird es bestätigt, dass die heutigen Zemente mehr oder weniger keinerlei Schrumpfungen unterliegen. Dann ist zu sagen, dass eine eventuelle Schrumpfung sicher nicht von der Bedeutung ist, die ihr von einigen Seiten beigemessen wird. Nach *Greve* müssten sonst Pulpentode viel häufiger vorkommen, als dies schon der Fall ist.

B. Porosität

Für die Untersuchung der Porosität bediente man sich bisher

1. der Farbdurchlässigkeitsprüfung,
2. der Porenvolumenmessung,
3. der Bakteriendurchlässigkeitsprüfung.

I. Farbdurchlässigkeitsprüfung

Proell benutzte Methylenblau und Fruchtsäfte. Er stellte bei Fruchtsäften ein wesentlich stärkeres Eindringungsvermögen fest, als bei Anilinfarben.

Dieck prüfte mit alkalischem und saurem Farbstoff. Er fand nach 24 Stunden nur äussere Oberflächenverfärbung.

Hensel prüfte nach dem Verfahren von *Le Chatelier*. Er gab zuerst einen Zementkörper in eine Ferrozyankalilösung und dann in eine Ferrisalzlösung. Das Eindringungsvermögen wird bei dieser Methode durch die entstehenden Niederschläge angezeigt.

Einige Forscher haben anhand von Farbdurchlässigkeit auch auf Bakteriendurchlässigkeit geschlossen. Die Poren der erhärteten Zementmasse, die als sehr klein anzusprechen sind, bewirken eine kapillare Saugkraft. Flüssigkeiten werden so mechanisch eingelagert und auf den Oberflächen der festen Teilchen angesaugt (adsorbiert). Nach meiner Meinung befolgen die Bakterien in ihrer Wanderung ganz andere Prinzipien wie Flüssigkeiten und Farbstofflösungen. Zudem ist es nicht angängig von den eingedrungenen Farbstoffen auf die Bakteriendurchlässigkeit zu schliessen, weil sie homogene Flüssigkeiten darstellen. Der verteilte Farbstoff ist zu fein dispers, die Teilchen sind zu klein, so dass sie auch überall dort in den Zahn eindringen, wo keine eigentlichen Fehler vorhanden sind. Auch die von *Rühle* angewandten, kolloiden, gröber dispersen Farbstoffe, wie das Kongo-Rot und das Kongo-Rubin lassen sich nicht für eine Bakterien-Durchlässigkeits-Prüfung verwenden, denn die Grössenordnung der Bakterien ist immer-

hin grösser. Wir wissen, dass auch das Schmelzoberhäutchen von den in Fruchtsäften (z. B. Blaubeeren) enthaltenen Farbstoff in hohem Grade tingiert wird, deshalb ist es aber noch keineswegs in seiner Festigkeit verändert und bleibt daher auch für Bakterien an intakten Stellen undurchdringlich. Das Eindringen von Farbstoffen könnte vielleicht durch die Kristallfeldergrenzen möglich sein.

II. Die Porenvolumenmessung

Kulka bestimmte als erster die Porosität gewichtsmässig, indem er getrocknete Zementkörper in einem Rezipienten auf einen an der Wandung befindlichen Absatz stellte. Der Boden des Rezipienten war mit Wasser gefüllt. Die Luft wurde dann ausgepumpt, und die Versuchskörper durch Schütteln in das Wasser gebracht. Vor- und hinterher wurden die Zementblöcke gewogen und aus der Gewichtszunahme im Wasser das Porenvolumen bestimmt.

III. Bakteriendurchlässigkeitsprüfung

Diese Versuche wurden bisher ausschliesslich in vitro durchgeführt.

Proell benutzte für seine Versuche Glasröhrchen. Diese wurden unter sterilen Kautelen an der untern Oeffnung mit dem zu untersuchenden Material verschlossen und mit keimfreier Bouillon z. T. gefüllt, in eine bakterienhaltige Flüssigkeit bei konstanter Wärme von 37° Celsius so hineingehängt, dass das Niveau der Bouillon im Röhrcheninnern um 2–3 cm tiefer stand, als das Niveau der das Röhrchen umgebenden Flüssigkeit. Die Anordnung dieses Versuches entspricht im grossen und ganzen den natürlichen Verhältnissen des Zahnes, wobei die Glasumhüllung dem gesunden, undurchlässigen Zahngewebe, die untere Oeffnung der zu plombierenden Kavität, die sterile Bouillon den nicht infizierten Geweben, und die bakterienhaltige Flüssigkeit endlich der Mundflüssigkeit entspricht. Durch diese Methode ist ein absolut steriles Arbeitsfeld gegeben; das Vorhandensein von Bakterien im Röhrchen-

innern wird angezeigt durch Trübung der Bouillon. Nicht jede Trübung der Bouillon war aber verursacht durch Bakterien. zuweilen waren mit Hilfe des Mikroskopes erkennbare Teile des verwendeten Verschlusszementes abgeschwemmt worden und in der klaren Bouillon suspendiert. Das geschah ab und zu bei Verwendung von Silikatzementen. fast regelmässig bei den Zinkphosphatzementen.

Seitz und *Weigele* wollten den natürlichen Verhältnissen des Zahnes noch näher entgegenkommen. Sie feilten daher bei frisch extrahierten Zähnen verschiedenen Alters die Apices der Wurzeln ab und versahen die Kaufläche mit einer ausgiebigen Höhlung. Diese Kavität wurde mit der zu untersuchenden Füllungsmasse nach unten verschlossen. Der Zahn. der vorher mit verdünnter Sublimatlösung sorgfältig desinfiziert und abgespült worden war. wurde in ein kleines Gestell montiert und derart in ein mit Ascites-Lackmuslösung gefülltes Reagenzgläschen gehängt. dass der Zahn mit seinen eröffneten. abgefüllten Wurzeln in die Flüssigkeit eintauchte. Nachdem vorher das Reagenzgläschen mit Lösung keimfrei gemacht worden war. wurde die Zahnhöhlung mit Bakterienbouillonkultur beschickt. Das nach einiger Zeit verdunstete Material wurde häufig erneuert und das ganze auf 37° Celsius gehalten. Die sämtlichen geprüften Proben erwiesen sich als bakteriendicht bis zu sechs Tagen. Nach dieser Zeit waren bei einzelnen Keime in der untern Testlösung festzustellen. und zwar bei Harvard und Calcine. (*Proell* fand im Gegensatz dazu Harvard in 1½ 2 mm dicker Schicht nach dreimonatigen Untersuchungen bakterienundurchdringlich.) *West* wies zur An- und Verwendung von Zähnen für Durchlässigkeits-Untersuchungen verschiedentlich nach. dass diese als Träger des Füllmittels Gefahren in sich bergen. Denn pulpatote Zähne sind als semipermeable Membranen anzusehen.

Knöbber. Lemke und andere fundierten ihre Versuchsanordnungen auf der Erkenntnis. dass selbst Bakterienfilter aus Ton und Porzellan (Berkefeldkerze und Chamberlandfilter). die an und für sich keimdichte Filter sind. bei längerer Inan-

spruchnahme doch Mikro-Organismen durchlassen. Es findet ein allmähliches Durchwachsen der Bakterien durch die Poren statt. Es ist dies nicht ein passiver Filtrationsvorgang, sondern ein aktiver Prozess. Diese Beobachtung auf die Zemente angewandt würde bedeuten, dass sie in kurzfristigen Versuchen wohl keimdicht sein können, dass aber bei längerer Einwirkung eben auf Grund des aktiven Wachstumsvorganges Mundkeime doch durch das Zement hindurch in die Tiefe und damit in das periapikale Gewebe vorzudringen vermögen.

Auf Grund dieser Anschauung prüfte *Lemke* auf passive Durchsaugung und aktive Durchwachsung. Zu den Versuchen über das Verhalten der verschiedenen Zemente gegenüber dem aktiven Durchwachsen von Keimen beschreibt die Autorin folgende Anordnung: «Glasröhrchen wurden am untern Ende plan geschliffen, mit Fluss-Säure angerauht und der Versuchskörper dann mit Klebwachs oder Paraffin am Glasrohr befestigt, dann wurde der Zementkörper mit steriler Bouillon überschichtet, mit Reinkulturen beimpft und mit einer Klammer in ein steriles Reagenzglas gehängt. Zunächst wurden die Versuche bei 37° Celsius durchgeführt. Diese Temperatur stellte sich jedoch als unzweckmässig heraus, da das Wachs oder das Paraffin sich im Brutschrank bei der Länge der Beobachtungszeit zu lösen begann und in einzelnen Fällen undicht wurde. Ich führte deshalb die weiteren Versuche bei 22° Celsius durch. Beimpft wurde mit Prodigiosusbakterien, Staphylokokken und Streptokokken, und zwar wurde die überschichtende Bouillon, da ja die verimpften Keime mit der Zeit absterben und die Nährlösung durch bakterielle Stoffwechsel-Produkte für weiteres Wachstum unbrauchbar wird, alle zwei bis drei Tage erneuert und auch neu beimpft. Jeden zweiten Tag wurde der Fortgang des Versuches kontrolliert, indem mit der Unterseite eines Zementkörpers eine Agarplatte betupft und die verimpfte Stelle mit steriler Oese ausgestrichen wurde. Der Keimgehalt der beimpften Bouillon wurde ebenfalls durch Anlegen von Kulturen auf Agarplatten geprüft. Die so beimpften Platten wurden nach 24 und 48 Stunden in ihrem Wachstum beobachtet.

Die Versuche liefen in der Regel vier Wochen lang, in einzelnen Fällen auch länger, bis zu acht Wochen. Bei der Dauer der Versuche und der Art der Versuchsanordnung mussten zuweilen Verunreinigungen durch Luftkeime mit in Kauf genommen werden, oder aber Durchsickerung der Boullion mit den Keimen zwischen Füllkörper und Glasrohr, da sich das Wachs gelöst hatte.»

Die Fähigkeit von Bakterien, durch Zemente der verschiedensten Art hindurch zu wachsen, ist auf Grund obiger Versuche eine nicht mehr zu leugnende Tatsache. Jedoch macht *Lemke* ausdrücklich darauf aufmerksam, dass dieses Durchwachsen nicht regelmässig, sondern nur verhältnismässig selten zu beobachten war.

Streich lässt mit Testmaterialien vermischten Speichel auf die Prüfkörper einwirken. Da bei einer absolut einwandfreien Methode nachgewiesen werden muss, dass die Testbakterien wirklich den Weg durch den Probekörper genommen haben, entnimmt er aus dem Innern des Prüfkörpers, der in diesem Falle vollkommen von Testbakterien durchsetzt ist, Proben. *Streich* geht auf Grund dessen wie folgt vor:

a) nach 20 Minuten Speichelschutzdauer werden die Probekörper vier Wochen lang in natürlichen Speichel gelegt.
b) 14tägige Einwirkung der Testbakterien.
c) Säuberung der Prüfkörper und Entnahme der Proben aus drei übereinander liegenden Schichten. Bakterielle Untersuchung der Proben durch Ausstrich auf Agarplatten.

Der Autor stellte also zunächst grosse, zylindrisch geformte Probekörper von 10×10 mm Ausmassen her, die oben mit einer kleinen Einsenkung, zur Aufnahme des bakteriellen Testmaterials versehen waren. Zur Herstellung der Körper diente eine zweiteilige Metallform, die durch zwei Schrauben und zwei Führungsstifte fest zusammengehalten wurde. Als Stopf- und Anrührinstrument wurde ein Achatspatel, zum Glätten der Oberfläche und Kondensieren eine Glasplatte verwendet. Die Körper blieben bis zur Erreichung des nötigen Härtegrades, der durch Fingernageldruck festgestellt wurde, in der

Form. Nach einem Speichelschutz von 20 Minuten folgte die vierwöchige Speichellagerung in natürlichem Speichel. Nach Entfernung des anhaftenden Speichels mit destilliertem Wasser wurden die Körper in einen Glasbehälter gestellt, der luftdicht verschlossen, jedoch unter bestimmter Wasserdampf-Tension gehalten werden konnte, um eine Austrocknung der Zementkörper zu vermeiden. Die Bakterienaufschwemmung, eine 24-stündige Bouillonkultur, wurde mit einer sterilen Pipette entnommen und in die dafür vorgesehenen Vertiefungen der Probekörper getropft. Während der Einwirkungszeit von 14 Tagen wurde der Flüssigkeitsspiegel durch jeweiligen Zusatz frisch bereiteter Bakterienbouillon auf gleicher Höhe gehalten. Schliesslich wurden die Körper sorgfältig gereinigt, kurz abgeflammt und mit sterilen Bohrern in drei verschiedenen Zonen angebohrt. Der Bohrstaub jeder Zone wurde auf Agarnährböden ausgestrichen und 24 Stunden lang bebrütet. Bakterienwachstum zeigte eine Infektion des Bohrstaubes und damit das Eindringen von Bakterien in die betreffende Zone an.

VI. Eigene Versuche

Trotzdem es nun wünschenswert wäre, die angeführten Vitroversuche durch Vivoversuche zu ergänzen und eventuell sogar zu erweitern, hat es sich bisher als unmöglich erwiesen durch solche Experimente ein zuverlässiges Bild über die Volumenbeständigkeit und Porosität eines Materials zu erhalten. Der Grund liegt darin, dass es im Mundversuch nicht möglich ist, genau festzustellen, ob der Durchtritt der Bakterien von einem durch Kontraktion hervorgerufenen, ungenügenden Randschluss, durch ungenügende Dichte oder auch durch ungenügende Festigkeit des Zementes bedingt ist. Immerhin geben solche Versuche, sofern sie mit peinlichster Sorgfalt durchgeführt werden, einen relativen Masstab für die Durchlässigkeit und Güte eines Zementes im allgemeinen.

Der Zweck meiner Versuche war, festzustellen, ob sich einige der heute im Handel befindlichen Zemente in der Praxis bewähren. Es sollten Erfahrungen über die Durchlässigkeit

bzw. Undurchlässigkeit gesammelt werden. Es kam mir aber nicht darauf an, nachzuweisen, ob nun eine eventuelle Durchlässigkeit für Bakterien durch eine Veränderung der Volumenbeständigkeit oder durch die Porosität verursacht ist.

Materialien

Zu meinen Versuchen verwendete ich:

a) provisorische Zemente,
b) Zemente mit antiseptischen Zusätzen,
c) Zinkphosphatzemente,
d) Silico-Phosphatzemente.

a) Provisorische Zemente

Provisorische Verschlussmittel haben die Aufgabe in Kavitäten Medikamente, deren Wirksamkeit auf das Dentin oder die Pulpa beabsichtigt ist, an Ort und Stelle festzuhalten, ihre Diffusion nach aussen und den Zutritt von Mundflüssigkeit und somit auch von Bakterien zu verhüten. Ausser dieser Bestimmung findet das Material noch gute Verwendung als Füllmasse, wenn es sich darum handelt, einen Zahn, der noch weiterer Behandlung bedarf, bevor er mit einer dauernden Füllung versehen wird, einstweilen abzuschliessen und so vor äussern Einflüssen zu sichern. Gewöhnlich werden diese vorläufigen Füllungen nur für eine Reihe von Tagen eingelegt.

Aus der grossen Zahl der provisorischen Füllmassen untersuchte ich:

1. Zinkoxyd-Zinksulfatzement (Fletscher),
2. Ultraphos,
3. Es-be Zinkoxyd,
4. Plerodont,
5. Aquadont,
6. Calcine.

Es hat sich bei diesen Versuchen gezeigt, dass etliche von den Füllmassen, die sich bis heute in der Literatur einer guten Kritik erfreuten, durchlässig sind. So z. B. verwendete *Greve* mit Vorliebe Plerodont und bezeichnete es als ideales

provisorisches Zement, weil es absolut hermetisch verschliesse. Auf Grund meiner Untersuchungen halte ich Plerodont für ungeeignet, weil es stark durchlässig ist. Dies konstatierte übrigens auch schon *Pape* 1931, in seinen Untersuchungen über die Permeabilität von Zahnfüllungsmaterialien, die zum temporären Einschluss von Arsenik verwendet werden.

b) Zemente mit antiseptischen Zusätzen

Diese Materialien werden auch Heilzemente genannt. Es sind Phosphat- oder Silico-Phosphatzemente, die im Pulver einen antiseptischen Zusatz enthalten. Um welchen keimtötenden Stoff es sich dabei handelt, ist jeweils nicht genau bekannt, doch dürften sich die heute zugefügten Antiseptica aus der Gruppe der Schwermetallsalze z. T. in organischen Komplexverbindungen ableiten.

Immerhin stellt sich hier die Frage, ob ein antiseptischer Zusatz tatsächlich von Nutzen ist, oder ob nicht ein Zement an und für sich schon antiseptisch wirkt.

Kraus hat kariöse Höhlen mit Phosphatzement verschlossen und hat nach einer gewissen Zeit die kariöse Masse auf Säurebildung untersucht. Von 80 so untersuchten Fällen wuchsen in 65 Fällen keine Säurebildner. Die 15 Fälle beweisen bei der Schwierigkeit, Bohrstaub steril aus der Mundhöhle zu entnehmen, nicht viel.

F. Müller hat Zementplättchen auf Agarnährböden gebracht und stellte fest, dass Zemente infolge der aus ihnen in den Agar hinausdiffundierenden Säure, bzw. sauren Phosphaten, eine antiseptische Wirkung ausüben. Eine Nachprüfung der antiseptischen Wirksamkeit von ca. zwei Monate lang gelagerten, festen Zementen ergab eine Abnahme der antiseptischen Wirkung, die auf eine Verdampfung von antiseptisch wirksamer Substanz zurückzuführen war.

Gäbler ist von der Wirkung bakterizider Zusätze nicht überzeugt. Nach ihm ist es zwecklos, eingedrungene Bakterien durch keimtötende Stoffe zu bekämpfen; es muss vielmehr versucht werden, das Eindringen von Bakterien überhaupt zu ver-

hindern, denn die bakterizide Wirkung solcher keimtötender Zusatzstoffe dauert höchstens 16 Tage.

Auch *Streich* misst den antiseptischen Zusätzen nur bedingten Wert bei. Sie sind nicht imstande, einmal eingedrungene Bakterien zu vernichten. Ist der Zement aber, dem die antiseptischen Stoffe zugesetzt sind, an sich schon undurchlässig, so ist deren Wert illusorisch. Die antiseptische Wirkung kann sich im besten Fall günstig bei den umgebenden Zahngeweben erweisen.

Ich untersuchte drei Heilzemente:

1. Kryptex,
2. Meroxyl,
3. Restorit.

c) Zinkphosphatzemente

Die eigentlichen Phosphat-Zemente werden heute selten noch als Dauer-Füllungs-Materialien verwendet. Ihre Indikation beschränkt sich hauptsächlich auf die Befestigung von Kronen, Brücken, orthodontischen Apparaten, Wurzelfüllungsabschlüssen und das Legen von Unterlagen. Ab und zu wird ein solcher Zement auch als zeitweiser Verschluss gebraucht.

Versuche wurden gemacht mit:

1. de Trey Zement,
2. Ames,
3. Harvard.

d) Silico-Phosphatzemente

Sie führen auch den Namen Steinzemente, denn sie sind äusserst hart und können ohne weiteres an Stelle von Amalgam an Prämolaren und Molaren verwendet werden. Im Gegensatz zu den Zinkphosphatzementen, die sich wegen ihrer Löslichkeit nur in beschränktem Masse zu Dauerfüllungen eignen, sind die Silico-Phosphatzemente, eben auf Grund ihres Tonerdegehaltes praktisch unlöslich.

Ich prüfte auf Durchlässigkeit:

1. Drala Steinzement,
2. Solila de Trey.

Versuchsanordnung

I. Instrumentarium und Medikamente

Die Versuche wurden ausnahmslos an der Staatlichen Volkszahnklinik der Stadt Basel durchgeführt. Jedem der dort arbeitenden Zahnarztassistenten wird ein aus 70 bis 80 Personen bestehender Patientenkreis zugeteilt, der in einem Zeitraum von drei bis vier Monaten vollständig durchbehandelt werden soll. Auf diese Art stand mir zur Durchführung meiner Versuche genügend Material zur Verfügung. Ich wählte vornehmlich vitale Prämolaren und Molaren aus, und zwar solche, die wohl Karies aufwiesen, jedoch noch keine Sensationen gezeigt hatten.

Das Instrumentarium zu meinen Versuchen bestand aus:

Mundspiegel,	Exkavatoren,
Sonden,	Spatel,
Pincetten,	Stopfer.

Diese Instrumente befanden sich in einer Sterilisationsschale und wurden durch die Sterilisations-Abteilung sorgfältigst gepflegt und vorbereitet.

Als Desinfektionsmittel benutzte ich in erster Linie:

Desogen-Tinktur (Geigy), dann noch
Merfen-Tinktur,
Cresamin,
Intrasol,
Wasserstoffsuperoxyd 3%.

Die Versuchs-Materialien waren die 14 oben erwähnten Zemente. Es handelte sich mit Ausnahme von *Fletscher* und und Aquadont um durchwegs fabrikneue Packungen, die kurz vor dem Versuch geöffnet wurden.

Zum Anmischen der Zemente diente eine dicke Glasplatte und ein Beinspatel.

Ferner benötigte ich für die Versuche:

Kofferdam,	Speichelzieher,
Automaton,	sterile Watte- und
Watterollen,	Filzpelettes.

Ferner eine Anzahl Reagenzgläschen mit keimfreier Tarozzi-Bouillon. Diese wurden mir jeweils laufend und frisch vom Hygienischen Institut der Universität Basel zur Verfügung gestellt.

II. Kavitätenpräparation

Die Kavitäten öffnete ich teils mit befeuchteten Karborundumsteinchen, teils mit Diamanten. Dann wurden die Fissuren mit Bohrern aufgeschnitten und Kastengestaltung gegeben. Bei sensiblen Patienten verwendete ich manchmal den Waropa-Apparat. Die Gestaltung der Kavität erfolgte nach den *Black'schen* Regeln, also mit genügender Extension. Die Tiefe der Kavitäten betrug im Durchschnitt 2 4 mm. Es gelang mir stets Kavitäten zu erhalten, die übersichtlich und lege artis präpariert waren. In zwei oder drei Fällen wurde der Boden der Kavität durch Sekundärdentin gebildet.

Durch Inspektion und Sondierung wurde nun genau festgestellt, dass keine weichen und verfärbten Stellen mehr anzutreffen waren. Nachdem ich die Gewissheit erlangt hatte, dass die Kavitäten absolut einwandfrei waren, reinigte ich sie zuerst mit H_2O_2 3%, darauf spritzte ich mit Wasser aus.

Nachher wurde die Höhlung zur Aufnahme der Füllung vorbereitet. Wenn der Versuch mit einem Zement der Gruppe b, c, oder d (Heil-, Zinkphosphat- oder Steinzement) unternommen wurde, so erfolgte Anbringen des Kofferdams. Bei Zementen der Gruppe a (provisorische Zemente) deckte ich jeweils nur mit Watterollen, im Unterkiefer noch mit dem Automaton ab, da das Einbringen dieser Füllmasse auch in der Praxis so gehandhabt wird. Nun trocknete und reinigte ich das ganze Arbeitsfeld, insbesondere die zu füllende Kavität, indem ich die Nachbarzähne und die Kavität mit Intrasol abwusch.

Hierauf wurde Desogen-Tinktur, in einigen Fällen auch Merfen-Tinktur und Cresamin appliziert. Diese Desinfektionsmittel liess ich einige Minuten einwirken, blies mit dem Warm-

luftbläser kurz trocken, und brachte noch einmal ein mit einem Desinfektionsmittel getränktes Wattebäuschchen in die Kavität und liess dieses wiederum einwirken. Während dieser Zeit wurde nun der Zement angerührt.

III. Das Anmischen der Zemente

a) provisorische Zemente

Das Anrühren dieser Zemente ist sehr einfach. Die Flüssigkeit wird mit einer Bürette auf eine Glasplatte gebracht. Dann wird Zementpulver am andern Ende der Platte ausgeschüttet und gehäuft. Dieses wird nun in die Flüssigkeit gestrichen und energisch gemengt bis eine Masse entsteht, die eine breiige Konsistenz aufweist.

Plerodont, Calcine und Ultraphos sollen nach Anweisung der Fabrikanten Sahnekonsistenz haben, so dass sie besonders im Unterkiefer in die Kavität getropft werden können. Für den Oberkiefer darf die Masse natürlich auch etwas steifer sein, es muss dann aber sehr schnell damit gearbeitet werden.

Es-be-Zinkoxyd (als Flüssigkeit verwendete ich Aqua dest.), Fletscher und Aquadont werden breiig in die Kavität gebracht, mit dem Spatel oder dem Finger angedrückt und geglättet. Nach ca. zwei Minuten wird die Füllung nachmodelliert und finiert.

Da diese Provisorien unter Speichel sofort erhärten, kann der Patient entlassen werden.

b) Phosphatzemente

Das Anmischen dieser Zemente ist ungleich schwieriger als dasjenige der provisorischen Zemente. Es besteht bis heute noch keine Methode, das Anmischen exakt auszuführen. Weder die Spatelprobe noch die Bestimmung der Zementmenge mit Hilfe eines Gefässes sind brauchbare Methoden: denn jeder Zement hat eine andere Zusammensetzung. Die Spatelprobe ist deshalb nur relativ richtig. Auch die Zementmengenbestimmung mit Hilfe eines Gefässes ist ungenau, unterscheiden sich doch die einzelnen Körnchen bei den verschiedenen Zementen

in ihrer Grösse. Ausserdem ist diese Methode für die Praxis zu kompliziert. Für eine genaue Mengenbestimmung des Zementpulvers dürfte nur die Analysen-Waage in Betracht kommen. Ich selbst mische die Zemente nach dem Gefühl und habe damit die besten Erfahrungen gemacht. Mittels der Bürette wird die Säure auf die handelsübliche, glatte Glasplatte gebracht. Beim Anrühren bringt man zweckmässig zunächst eine grössere und dann eine kleinere Menge Pulvers mit der Flüssigkeit in Berührung. Es muss darauf geachtet werden, dass die Mischungszeit höchstens 1½ Minuten in Anspruch nimmt, da der Abbindungsprozess alsbald nach der Vermengung beginnt.

Es ist selbstverständlich, dass die Glasplatte und der Beinspatel äusserst sauber und trocken sein müssen. Die Platte darf auch nicht zu kalt oder zu warm sein.

Das Gemenge wird nun unter abwechselnd rotierenden und streichenden Bewegungen innig derart vermischt, dass in der zur Verfügung stehenden Zeit ein Zement von dicker Konsistenz entsteht.

Es wurde schon in den einleitenden Kapiteln beschrieben, dass das Einführen von dicken Zementen drei Vorteile aufweist:

1. Es ist kein Säureüberschuss zu befürchten, der auf die Pulpa einwirken könnte.
2. Je dicker der Zement angerührt wird, desto härter wird die Füllung.
3. Je dicker der Zement, desto geringer ist eine eventuell auftretende Schrumpfung.

Zum Befestigen von Kronen, Brücken und Goldeinlagen wird jedoch empfohlen, den Zement dünner zu halten, da er bei dicker Konsistenz an Klebkraft einbüsst.

IV. Das Herstellen der Füllung

In die gut getrocknete und zweimal mit Desogen-Tinktur desinfizierte Kavität plazierte ich, bevor die Füllung gelegt wurde, ein steriles Wattebäuschchen bei den Versuchen, die mit provisorischen Füllmassen durchgeführt wurden, ein steriles Filzpelette aber bei den Phosphat-Zement-Versuchen.

Nach einigen Vorversuchen hat sich nämlich gezeigt, dass sich die Wattefäserchen derart eng mit der Phosphatzementmasse verflechten, dass bei der Entnahme das Wattebäuschchen naturgemäss mehrfach zerreisst. Diese Watte- und Filzpelettes hatte ich zusammen mit einer Asphalin-Tablette in einer Schale aufbewahrt.

Nun wurde sofort an die Herstellung der Füllung gegangen und zwar bei den provisorischen Zementen wie bereits beschrieben. Die Phosphatzemente wurden mit dem Spatel derart mit leichtem Ueberschuss in die Kavität gebracht, dass sich die Lage des Filzpelettes nicht verändern konnte, sodann wurde das Füllungsmaterial besonders gut an die Kavitätenränder adaptiert. Schliesslich wurde gestopft und mit einem Kugelinstrument zweckmässiger Grösse die Füllung modelliert. Der ganze Füllungsprozess dauerte 2 3 Minuten. Die Zementplombe wurde nun mit einer Vaselinschutzschicht versehen und ungestört 20 Minuten lang unter Kofferdam trocknen gelassen. Dann überzog ich die Füllung mit Schutzlack, entliess den Patienten und bestellte ihn zur Politur für den folgenden Tag.

Der benutzte Lacküberzug bezweckt nicht nur, während der Erhärtungsperiode den Zutritt von Flüssigkeiten zu verhindern, sondern auch um der Adsorption durch Ausgleichen der Unebenheiten auf der Oberfläche entgegen zu wirken.

Nach *Schoenbeck* ist der Lacküberzug in gewissem Sinne mit der Politur des Tischlers zu vergleichen, der die Porosität des Holzes durch Oel und Lack aufzuheben sucht.

Bei den provisorischen Zementfüllungen erfolgte keine Politur, sondern es wurde wie gesagt 2 Minuten nach Einführung der Füllmasse modelliert und ein Lacküberzug gegeben.

Bei allen Füllungen jedoch wurde speziell darauf geachtet, dass sie nicht zu hoch waren, um ein eventuelles «Herausbeissen» oder Stören der Okklusion zu verhindern. Im übrigen polierte ich mit feinkörnigen Polierern und Finierern, die mit Vaseline eingefettet waren, um schädliche Reibungswärme zu vermeiden.

V. *Die Entnahme*

Die Wattebäuschchen, bzw. die Filzpelettes wurden verschieden lang liegen gelassen. Die früheste Entnahme erfolgte nach zwei, die späteste nach 27 Tagen. (Tabelle I.) Zur Entnahme wurde ohne Ausnahme, also auch in Fällen, wo die Füllung verdorben war, und wo bereits Verdacht auf Infektion des Wattebäuschchens bestand, Kofferdam gelegt. Der ganze Zahn bei zentralen Kavitäten, bei m–o, d–o oder m–o–d-Kavitäten die Nachbarzähne wurden nun ausgiebig mit Desogen-Tinktur abgewaschen. Hierauf trocknete ich das Arbeitsfeld mit dem Warmluftbläser und applizierte noch einmal Desogen-Tinktur. Diese letzte Applikation liess ich eintrocknen.

Bei den Füllungen mit provisorischen Zementen führte ich die Sonde oder einen scharfen Exkavator so zwischen Zahnsubstanz und Füllung, dass ich das Provisorium ausbrechen konnte. Mit einer sterilen Pincette fasste ich nun das Wattebäuschchen und gab es in ein bereitgehaltenes Reagenzgläschen, das ca. zu einem Viertel mit Tarozzi-Bouillon gefüllt war. Das Röhrchen wurde sofort nach Gebrauch wieder mit dem Wattezapfen verschlossen. Hierauf reinigte ich die Kavität und füllte mit dem gewünschten Material definitiv ab.

Bei den Phosphatzementen war es unmöglich mit Sonde oder Exkavator ein Eröffnen zu erzielen, deshalb umbohrte ich mit einem kleinen Rosenbohrer, der vor Gebrauch nochmals abgeglüht wurde, die Stelle, unter der ich das Filzpelette wusste. Um die Sicht nicht zu verlieren, war ich gezwungen den Bohrstaub jeweils wegzublasen, ich richtete aber den Luftstrahl nicht gegen den Zahn, um dadurch eine Verschleppung von Luftkeimen zu verursachen, sondern von oben nach unten bei oberen und von unten nach oben bei unteren Kavitäten.

Nachdem das Filzpelette sorgfältig freigelegt, durchstach ich es mit einer sterilen Sonde und gab es ebenfalls in das bereitgehaltene Bouillon-Röhrchen.

Die Kavität wurde gereinigt, hie und da ein Rest des Zementes als isolierende Unterlage belassen und definitiv mit Amalgam fertig abgefüllt.

VI. Die bakteriologische Untersuchung

Zuerst führte ich eine erste Versuchsreihe mit den sechs provisorischen Zementen durch, dann eine zweite. Hierauf wurden zwei Versuchsreihen mit Heilzementen vorgenommen, dann je zwei mit Zinkphosphatzementen, schliesslich zwei mit Steinzementen.

Das Bouillon-Röhrchen mit dem auf eventuellen Bakteriengehalt zu untersuchenden Watte- oder Filzpelette wurde dem Bakteriologischen Institut übergeben. Dazu fügte ich ein Begleitschreiben, auf dem Name, Jahrgang und Adresse des Patienten, sowie die Art des zu untersuchenden Materials vermerkt waren.

Im Bakteriologischen Institut wurden die Röhrchen in den Brutschrank gegeben und dort 48–96 Stunden auf einer Temperatur von 37° Celsius gehalten. In den Fällen, wo nach Ablauf dieser Zeit eine Trübung der Bouillon eingetreten war, erfolgte Ausstrich auf eine Agarnährplatte, um dadurch die Art und Gattung der Bakterien bestimmen zu können.

Nach der bakteriologischen Untersuchung erhielt ich ein Formular, auf dem wiederum die Personalien des Patienten sowie die Diagnose der gefundenen Bakterien mitgeteilt wurden. In Fällen, wo nach 48–96 Stunden kein Wachstum eingetreten war, blieb für mich der Versuch negativ, d. h., der bereffende Zement hielt während der im Munde belassenen Zeit dicht. Bei den positiven Ergebnissen legte ich eine dritte Versuchsreihe an. Die Füllungen dieser Reihe beliess ich jeweils einige Tage länger im Munde als die der ersten und zweiten Versuchsreihe.

VII. Ergebnisse

(siehe auch Tabellen II, III, IV und V.)

a) Provisorische Zemente

Das Allgemeinaussehen der Fletscher-Provisorien der Versuche 1 und 7 waren am Tage der Entnahme gut. Sie waren nicht ausgewaschen. Verarbeitung und Entnahme waren leicht. Der Versuch 15 blieb 23 Tage liegen, weil die Patientin inzwi-

schen erkrankte. Nach dieser Zeit bemerkte ich, dass die Füllung leicht ausgewaschen war. Trotz des guten äussern Aussehens dieser drei Füllungen waren die letztern zwei nicht bakteriendicht.

Die Ultraphos-Füllungen (Versuche 2 und 8) waren nach 11 bzw. 14 Tagen noch einwandfrei. Auch konnte keine Infektion des Wattebäuschchens nachgewiesen werden.

Versuche 3 und 9 mit Es-be-Zinkoxyd ergaben bei der bakteriologischen Untersuchung ebenfalls negatives Resultat. Der Vorteil dieser Füllmasse gegenüber dem Ultraphos besteht in der leichteren Verarbeitung, Applikation und Entnahme.

Sämtliche drei Versuche mit Plerodont (4, 10, 14) waren positiv, d. h. die Plerodont-Provisorien hielten nicht dicht. In allen drei Fällen war ungenügende Festigkeit festzustellen. Auch das Einführen des Plerodonts war besonders im Oberkiefer nicht einfach.

Für die Aquadont-Füllungen der Versuche 5, 11 und 13 gilt ungefähr das gleiche wie für Fletscher. Das Material ist ziemlich weich, so dass im Versuch 11 die Füllung durch einen Konfitürenkern (Himbeer) eingedrückt wurde. Der Verdacht auf Infektion des Wattepelettes war begründet.

Mit Calcine (6, 12) waren die Versuche negativ. Das Material ist sehr hart.

Legt der Zahnarzt Wert darauf, ein Provisorium von breiiger Konsistenz einzuführen, so kann anhand dieser Versuche das Es-be-Zinkoxyd als temporäre Füllmasse empfohlen werden. Es-be-Zinkoxyd ist weicher als Calcine, das aber schwieriger einzuführen ist als ersteres. Auch Ultraphos hat sich bewährt. Aber auch bei diesem Material ist die Einführung schwieriger als bei Es-be-Zinkoxyd.

Wie ersichtlich habe ich bei diesen Versuchen neben der Bakteriendichte besonders auf folgende Punkte geachtet:

Art des Einfüllens,
Verarbeitung,
Festigkeit und
Entfernung.

Darnach stehen Es-be-Zinkoxyd, Calcine und Ultraphos an erster Stelle.

b) Zemente mit antiseptischen Zusätzen

Bei allen acht Versuchen, die ich mit diesen Zementen durchführte, waren die Füllungen am Tage der Entnahme sauber und einwandfrei. Mit der Sonde konnte nirgends ein unschlüssiger Rand festgestellt werden. In der ersten Versuchsreihe hielten Restorit, Meroxyl und Kryptex bei einer Liegedauer von 6, 7 und 5 Tagen dicht, jedoch bereits in der zweiten Versuchsreihe waren Meroxyl mit 14 Tagen, und Kryptex mit 9 Tagen Liegedauer durchlässig. Einzig Restorit blieb 27 Tage liegen (Patientin musste zum Luftschutz einrücken) und war in dieser Zeit undurchlässig geblieben. Die dritte Versuchsreihe bestätigte die Durchlässigkeit von Meroxyl bei 26 Tagen, Kryptex bei 17 Tagen Liegedauer.

c) Zinkphosphatzemente

Diese Zemente hielten bis auf eine Ausnahme dicht. Ames war im Versuch 28 durchlässig. Der Stichversuch 30 zeigte aber wieder Undurchlässigkeit an. Immerhin blieb diese Füllung aber nur 9 Tage im Munde liegen, weil die Versuche abgeschlossen werden mussten. Es ist möglich, dass bei längeren Liegedauerzeiten die Zinkphosphatzemente doch Durchlässigkeit aufweisen könnten; denn es fällt auf, dass selbst die Zemente mit antiseptischen Zusätzen, ausgenommen Restorit, schlechtere Resultate aufweisen. Vielleicht ist dieses der durchschnittlichen längeren Liegedauer zuzuschreiben. Immerhin darf behauptet werden, dass die Zinkphosphat-Zemente für kurzfristige Einlagen sicherlich undurchlässig sind.

d) Silico-Phosphatzemente

Drala-Steinzement erwies sich bei einer durchschnittlichen Liegedauer von 23 Tagen als bakterienundurchlässig, auch Solila war undurchlässig nach durchschnittlich 15tägiger Liegedauer. Diese Zemente wiesen einen guten Randschluss auf und waren äusserst hart.

Tabelle I / Liegedauer

Zemente	1. Versuchsreihe			2. Versuchsreihe			3. Versuchsreihe		
	Einlage	Entnahme	Liegedauer Tage	Einlage	Entnahme	Liegedauer Tage	Einlage	Entnahme	Liegedauer Tage
Fletscher	12. 2.	14. 2.	2	8. 2.	14. 2.	4	26. 2.	20. 3.	23
Ultraphos	8. 1.	19. 1.	11	24. 1.	7. 2.	14	—	—	—
Es-be-Zinkoxyd .	26. 1.	29. 1.	3	23. 1.	29. 1.	6	—	—	—
Plerodont	31. 1.	2. 2.	3	2. 2.	5. 2.	3	18. 5.	23. 5.	5
Aquadont	20. 2.	22. 2.	2	5. 3.	9. 3.	4	15. 5.	24. 5.	9
Calcine	16. 3.	19. 3.	3	21. 2.	27. 2.	6	–	—	—
Kryptex	5. 4.	10. 4.	5	5. 4.	14. 4.	9	16. 4.	2. 5.	17
Meroxyl	3. 4.	10. 4.	7	3. 4.	17. 4.	14	4. 4.	30. 4.	26
Restorit	6. 4.	12. 4.	6	10. 4.	7. 5.	27	—	—	—
de Trey	7. 5.	23. 5.	16	3. 5.	23. 5.	20	—	—	—
Ames	30. 4.	7. 5.	7	7. 5.	17. 5.	10	19. 5.	28. 5.	9
Harvard	30. 4.	3. 5.	3	27. 4.	3. 5.	6	—	—	–
Drala	12. 4.	2. 5.	20	6. 4.	2. 5.	26	—	—	—
Solila	14. 5.	23. 5.	9	3. 5.	23. 5.	20	–	—	—

Tabelle II / Provisorische Zemente

Nr.	Zement	Patient	Zahn	Art der Kavität	Liegedauer Tage	Resultat	Bakterien
	1. Versuchsreihe						
1	Fletscher	F. F.	$\lfloor\overline{7}$	zentral	2	–	keine
2	Ultraphos	K. H.	$\overline{7}\rfloor$	zentral	11	—	keine
3	Es-be-Zinkoxyd . . .	M. M.	$\lfloor\overline{7}$	zentral	3	—	keine
4	Plerodont	E. G.	$\overline{7}\rfloor$	zentral	3	+	grüne Streptokokken
5	Aquadont	E. W.	8 $\rfloor$	zentral	2	—	keine
6	Calcine	H. L.	$\lfloor\underline{7}$	m–o	3	–	keine
	2. Versuchsreihe						
7	Fletscher	F. E.	$\underline{7}\rfloor$	zentral	4	+	Enterokokken
8	Ultraphos	R. H.	$\overline{5}\rfloor$	zentral	14	—	keine
9	Es-be-Zinkoxyd . . .	M. M.	$\lfloor\underline{6}$	zentral	6	—	keine
10	Plerodont	E. G.	$\lfloor\overline{4}$	d–o	3	+	Enterokokken und hämolyt. Streptokokken
11	Aquadont	F. M.	$\lfloor\overline{7}$	zentral	4	+	Staphylococcus albus, anhämolyt. Streptokokken
12	Calcine	S. H.	$\lfloor\overline{5}$	m o	6	—	keine
	3. Versuchsreihe						
13	Aquadont	M. M.	$\lfloor\underline{6}$	zentral	9	+	Soor, Staphylococcus albus
14	Plerodont	E. B.	$\overline{5}\rfloor$	zentral	5	+	Colibazillen
15	Fletscher	F. F.	$\lfloor\underline{8}$	zentral	23	+	Enterokokken

Tabelle III / Zemente mit antiseptischen Zusätzen

Nr. Zement	Patient	Zahn	Art der Kavität	Liegedauer Tage	Resultat	Bakterien
1. Versuchsreihe						
16 Restorit	A. F.	⌊6	m o	6	—	keine
17 Meroxyl	P. A.	6⌋	m o	7	—	keine
18 Kryptex	E. H.	⌊6	m–o–d	5	—	keine
2. Versuchsreihe						
19 Restorit	H. St.	⌈7	zentral	27	—	keine
20 Meroxyl	P. A.	5⌋	zentral	14	+	Micrococcus catarrhalis und anhämolyt. Streptk.
21 Kryptex	R. K.	6⌋	m–o	9	+	Enterokokken, Hefezellen
3. Versuchsreihe						
22 Meroxyl	D. W.	7⌋	zentral	26	+	Enterokokken
23 Kryptex	D. R.	⌈6	zentral	17	+	Enterokokken

Tabelle IV / **Zinkphosphatzemente**

Nr.	Zement	Patient	Zahn	Art der Kavität	Liegedauer Tage	Resultat	Bakterien
	1. Versuchsreihe						
24	de Trey	C. Sch.	7	m–o	16	—	keine
25	Ames	H. F.	6	m–o	7	—	keine
26	Harvard	F. A.	7	m–o	3	—	keine
	2. Versuchsreihe						
27	de Trey	E. B.	6	zentral	20	—	keine
28	Ames	G. W.	6	m–o	10		Staphyloc. albus, Sarcinen
29	Harvard	B. W.	5	zentral	6	—	keine
	3. Versuchsreihe						
30	Ames	C. I.	6	zentral	9	—	keine

Tabelle V / **Steinzemente**

Nr.	Zement	Patient	Zahn	Art der Kavität	Liegedauer Tage	Resultat	Bakterien
	1. Versuchsreihe						
31	Drala	H. Sch.	5	d o	20	—	keine
32	Solila	S. C.	4	m o	9	—	keine
	2. Versuchsreihe						
33	Drala	H. Sch.	6	m–o	26	—	keine
34	Solila	K. R.	6	zentral	20	—	keine

Literatur

Abraham: Die technische Entwicklung der Zemente. D. M. f. Z. Jahrgang 1912.

Kraus: Untersuchungen über das Verhalten der Säurebildner im Dentin unter Phosphatzementfüllungen. Schweiz. M. f. Z. 1933, H. 10.

Kulka: Ueber die Möglichkeit chemischer bzw. pathologischer Wirkungen von Zementfüllungen. Oester.-ungar. Vierteljahresschrift f. Z. Wien 1911, H. 1.

Lemke: Untersuchungen über die Durchlässigkeit der zahnärztlichen Zemente für Bakterien und Flüssigkeiten. Diss. 1941, Berlin.

Müller F.: Experimentelle Untersuchungen über die antiseptische Wirkung von Zahnzementen. Diss. ETH. Zürich, 1931.

Pape: Ueber Permeabilität solcher Zahnfüllungsmaterialien, die zum temporären Einschliessen von Arsenik verwendet werden. Z. f. Stom. 1931, H. 12.

Proell: Experimentelle Untersuchungen über die Ursache des Zahnpulpatodes unter Silikatzementen, nebst theoretischen, praktischen Studien über Zemente und andere Füllmaterialien. D. M. f. Z. Jahrgang 1913.

Roth: Experimenteller Beitrag zu den Zahnfüllungsstoffen. D. M. f. Z. Jahrgang 1921, H. 15.

Rühle: Die Prüfung des Randschlusses vermittels kolloider Farbstoffe. D. M. f. Z. Jahrgang 1922, H. 5.

Seitz / Weigele: Experimentelle Beiträge zu den Zahnfüllungsmethoden. D. M. f. Z. Jahrgang 1920, H. 10.

Streich: Zur Kenntnis der Durchlässigkeit einiger Füllzemente für Farbstoffe und Bakterien. Z. R. 1937, H. 5 und 6.

Schoenbeck: Kurzer Leitfaden der zahnärztlichen Materialkunde.

Schulte: Vergleichende Untersuchungen über verschiedene bekannte Silikatzemente. Diss. Göttingen 1938.

Greve: Theoretische und praktische Studien über Zahnzemente. D. M. Z. f. Z. Jahrgang 1913.

Gerne entledige ich mich der angenehmen Pflicht, meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. O. Müller, für die freundliche Ueberlassung des Themas und für das rege Interesse, das er dieser Arbeit entgegenbrachte, herzlichst zu danken.

Zu bestem Dank verpflichtet bin ich auch Herrn Dr. Fritz Schmidt, Vorsteher der Volkszahnklinik Basel, für die bereitwillige Ueberlassung der Fälle.

Meinen besten Dank spreche ich ferner der Obergehilfin der Volkszahnklinik Basel, Fräulein A. Mettauer, aus, welche mich bei den Versuchen mit unermüdlichem Fleiss unterstützte.